

PAT-NO: JP411086235A

DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 11086235 A

TITLE: MAGNETIC RECORDING REPRODUCING APPARATUS

PUBN-DATE: March 30, 1999

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

KAWATO, YOSHIAKI

FUKUI, HIROSHI

NAKAMOTO, KAZUHIRO

INT-CL (IPC): G11B005/39, G11B005/02

ABSTRACT:

PROBLEM TO BE SOLVED: To obtain an apparatus which lessens asymmetric irregularities in an up-down direction of a reproduction waveform by fixing a magnetization of one ferromagnetic film of a second ferromagnetic layer constituting a magnetoresistance effect film in a predetermined direction, flowing a sense current to the magnetoresistance effect film and driving to hold a voltage constant to the sense current irrespective of a change of a d.c. resistance of the magnetoresistance effect film.

SOLUTION: A spin valve film constituting a magnetoresistance effect type head (MR head) is formed in a layer structure as follows. The layer structure comprises sequentially a Ta layer as an orientation control layer 20, an NiFe layer as a free layer 21, a Cu layer as a non-magnetic layer 22, a Co/Ru/Co layer of a three-layer structure as a fixed layer 23, a CrMnPt layer as an antiferromagnetic layer 24, a Ta layer as a capping layer 26 preventing oxidation. A pair of electrodes 25 are brought in contact with the spin valve film. A resistance change by an external magnetic field is converted to an electric signal by the sense current supplied from a sense current source 34 through the electrodes 25, whereby a reproduction operation is conducted.

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

----- KWIC -----

Abstract Text - FPAR (2):

SOLUTION: A spin valve film constituting a magnetoresistance effect type head (MR head) is formed in a layer structure as follows. The layer structure comprises sequentially a Ta layer as an orientation control layer 20, an NiFe layer as a free layer 21, a Cu layer as a non-magnetic layer 22, a Co/Ru/Co layer of a three-layer structure as a fixed layer 23, a CrMnPt layer as an antiferromagnetic layer 24, a Ta layer as a capping layer 26 preventing

oxidation. A pair of electrodes 25 are brought in contact with the spin valve film. A resistance change by an external magnetic field is converted to an electric signal by the sense current supplied from a sense current source 34 through the electrodes 25, whereby a reproduction operation is conducted.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-86235

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月30日

(51) IntCl.⁸

識別記号

F I

G 1 1 B 5/39
5/02G 1 1 B 5/39
5/02

U

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平9-239267

(22) 出願日 平成9年(1997) 9月4日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 川戸 良昭

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 福井 宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72) 発明者 中本 一広

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74) 代理人 弁理士 小川 勝男

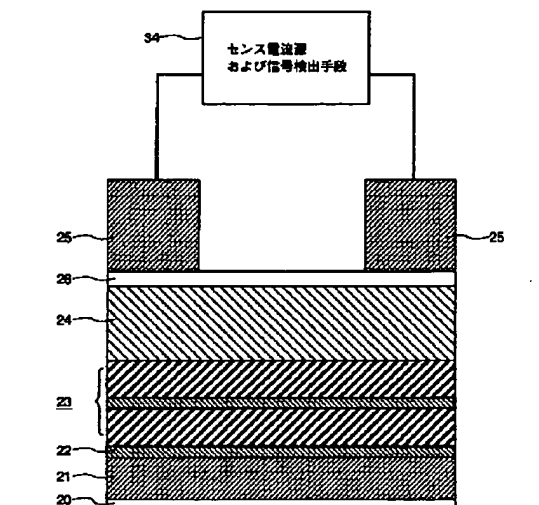
(54) 【発明の名称】 磁気記録再生装置

(57) 【要約】

【課題】素子高さ等の形状ばらつきに対する再生信号の劣化を最小限に抑えるスピナバルブ型MRヘッドを搭載した磁気記録再生装置を提供する。

【解決手段】スピナバルブMRヘッドの固定層を互いに反強磁性的に結合する二枚の強磁性膜と、これらを隔てる非磁性膜によって構成することにより、固定層の巨視的なモーメント量を各磁性膜のモーメント量の絶対値の和より実質的に小さくなり、また、上記スピナバルブ型MRヘッドに定電圧駆動でセンス電流を流すための定電圧電源を設けた磁気記録再生装置。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】非磁性体層によって隔てられた第一及び第二の強磁性体層を含み、該第二の強磁性体層が少なくとも二枚の強磁性体膜とこれらを分離する非磁性体膜を有する磁気抵抗効果膜と、上記第二の強磁性体層の一方の強磁性体膜の磁化を特定の方向に固定する手段と、上記磁気抵抗効果膜にセンス電流を流す一対の電極を備えた磁気抵抗効果型ヘッドを搭載し、前記センス電流に対し上記磁気抵抗効果膜の直流抵抗の変化にかかわらずその電圧が一定になるように駆動する定電圧電源回路を備えていることを特徴とする磁気記録再生装置。

【請求項2】上記第二の強磁性体層の二枚の強磁性体膜は非磁性体膜を介して互いに反強磁性的に結合され、上記第二の強磁性体層の巨視的な磁気モーメント量が各強磁性体膜各々の磁気モーメント量の絶対値の和より小さくなっていることを特徴とする請求項1記載の磁気記録再生装置。

【請求項3】上記第二の強磁性体層の前記第一の強磁性体層に近い側の強磁性膜の磁化の素子高さ方向成分の向きと、上記一対の電極間に流れるセンス電流が上記第一の強磁性体層に及ぼす磁界の素子高さ方向成分の向きが同方向であることを特徴とする請求項2記載の磁気記録再生装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は磁気抵抗効果型再生ヘッドを有した新規な磁気記録再生装置に関する。

【0002】

【従来の技術】年々高まる磁気記録再生装置の大容量化と装置サイズ小型化への要求を両立するため記録密度の向上は欠かせない。これを実現するには様々な課題がある。なかでも媒体に磁気的に記録された信号を読み取ってこれを電気信号に変換する再生ヘッドは磁気ディスク装置中のキー・デバイスの一つである。再生ヘッドでは増大する記録密度に応じて小型化しつつ、なおかつ高感度化することが必須である。近年はこの2つの要求に応えうる再生ヘッドとして、磁気抵抗効果型ヘッド(MRヘッド)が用いられている。MRヘッドは、従来のいわゆるインダクティブヘッドに比べて高い信号/ノイズ比(S/N比)が得られるのが特徴である。現在MRヘッドに利用されている磁気抵抗効果は、異方性磁気抵抗効果(AMR)と呼ばれる。これは磁性体に電流を流したとき、抵抗が磁化方向と電流方向の相対角度に依存するという現象である。このAMR効果では、約2~5%程度の抵抗変化率が得られることが知られている。AMR効果を利用したMRヘッドで実現可能な記録密度は数ギガビット/平方インチであり、これ以上~数十ギガビット/平方インチの記録密度では更に高感度な磁気抵抗効果を利用することが必要であるとされている。その候補として、いわゆる巨大磁気抵抗効果(GMR)が目目され

ている。この現象は磁性金属膜と非磁性金属膜を交互に積層した多層膜において、各磁性膜の磁化同士の成す角度に依存して電気抵抗が変化するもので、室温でも5%を超える大きな抵抗変化率が得られることが知られている。中でも磁気ヘッドへの応用上最も有望とされているのは、スピンバルブ膜と呼ばれ、実質的に四層からなる構成を持つ。即ち、一層の非磁性層によって隔てられた二層の強磁性層と、一方の強磁性層をある方向に固定するための反強磁性層である。この反強磁性層によって一方の強磁性層の磁化方向は他方に対し90度の角度を成すように固定されている。通常反強磁性層側の強磁性層を固定層、他方の強磁性層を自由層と呼んでいる。磁気ヘッドへの適用を考えた場合、自由層の磁化はトラック幅方向に、固定層の磁化は素子高さ方向に向いていることが望ましい。このようなスピンバルブ膜を用いたヘッドの基本構成の詳細に関しては、特開平3-337905号、特開平4-358310号、特開平8-221719号に開示されている。

【0003】MRヘッドを磁気記録再生装置に適用する場合、従来のインダクティブヘッドにはなかった問題がいくつか生じる。その中で最も大きなものの一つは、再生波形の上下非対称性と呼ばれるもので、媒体上の記録磁化から来る磁界に対応する出力パルスの大きさが、磁界の極性により異なるという現象である。特にスピンバルブ型MRヘッドにおいては、固定層の磁化が素子高さ方向を向き、自由層の磁化が長手方向(トラック幅を規定する方向)を向くことで両者の磁化が互いに90度の角度をなす場合に上下非対称性がなくなることが知られている。このような磁化配置を実現するため、固定層磁化は先述したように反強磁性体と強磁性体との交換相互作用に基づく一方異方性によって素子高さ方向に向けられている。一方自由層は、もともと強磁性体を持っている一軸異方性によってほぼ長手方向を向けられているが、一般に強磁性積層膜に現われる層間結合磁界、センス電流による磁界、固定層磁化からの静磁界の三者のバランスさせることが必要である。このような、自由層の磁化方向を改善する策の一つとして、特開平9-16920号に、固定層として強磁性膜/非磁性金属膜/強磁性膜という構成を持ち、二枚の強磁性金属膜が反強磁性的に結合することで実質的なモーメントをほぼゼロとするスピンバルブ膜が提案されている。これにより、ヘッドの設計中心においては、上述の理想的な磁化配置を容易に実現することができる。しかしこの開示例では、大量に製造されるこのヘッドについてこのような磁化配置を実現することはできない。

【0004】磁気ヘッドを大量かつ安価に供給するためには、製造プロセス中で生じる様々なばらつき要因に対してヘッドの再生特性が鈍感であることが必要である。このばらつき要因として、各種薄膜の膜厚・物性のばらつきや、フォトリソグラフィ工程でのサイズばらつき等

もあるが、現状での最も大きな要因の一つに、素子高さ寸法のばらつきが有る。

【0005】上記の開示例中図5を見ると信号検出手段(50)はセンス電流源(48)と並列に接続されている。これはいわゆる定電流駆動の再生システムを提示していることにほかならない。定電流駆動の再生システムでは、同一装置内の各ヘッドごとの素子高さばらつきに対して、上記した再生信号の上下非対称性は敏感に変化する。素子高さが中心値からずれた場合、素子を流れる電流密度は設定値と異なり、このため自由層に及ぼされる磁界が変化するため自由層の磁化方向は長手方向からずれるためである。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、素子高さばらつきによるヘッド特性のばらつき就中再生波形の上下非対称性のばらつきの少ない磁気記録再生装置を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、理想的な自由層の磁化方向を維持するため、二枚の強磁性膜とこれら
50 を隔る一枚の非磁性膜が固定層を構成し、上記二枚の強磁性膜を反強磁性的に結合させて固定層の巨視的な磁気モーメント量が各強磁性体膜各々の磁気モーメント量の絶対値の和より実質的に小さくすることで、固定層からの静磁界を実質的になくした。また、個々のMRヘッドの素子高さに関らず一定の電流密度下での動作を実現するために、このMRヘッドを搭載する磁気記録再生装置は、電極間の電圧が一定になるようなセンス電流源を装備している。

【0008】即ち、本発明は、適正な再生出力信号を得るために理想的な自由層の磁化方向を維持しつつ、量産にたえるよう、素子高さばらつきによるヘッド特性のばらつき就中再生波形の上下非対称性のばらつきを最小限に抑えるためには、素子高さのばらつきに関らず一定の電流密度を流すような再生システムを備えた磁気記録再生装置にある。

【0009】本発明は、非磁性体層によって隔てられた第一及び第二の強磁性体層を含み、該第二の強磁性体層が少なくとも二枚の強磁性体膜とこれらを分離する非磁性体膜を有する磁気抵抗効果膜と、上記第二の強磁性体層の一方の強磁性体膜の磁化を特定の方向に固定する手段と、上記磁気抵抗効果膜にセンス電流を流す一対の電極を備えた磁気抵抗効果型ヘッドを搭載し、前記センス電流に対し上記磁気抵抗効果膜の直流抵抗の変化にかかわらずその電圧が一定になるように駆動する定電圧電源回路を備えていることを特徴とする磁気記録再生装置にある。

【0010】上記第二の強磁性体層の二枚の強磁性体膜は非磁性体膜を介して互いに反強磁性的に結合され、上記第二の強磁性体層の巨視的な磁気モーメント量が各強

磁性体膜各々の磁気モーメント量の絶対値の和より小さくなっていることが好ましい。

【0011】上記第二の強磁性体層の前記第一の強磁性体層に近い側の強磁性膜の磁化の素子高さ方向成分の向きと、上記一対の電極間に流れるセンス電流が上記第一の強磁性体層に及ぼす磁界の素子高さ方向成分の向きが同方向であることが好ましい。

【0012】

【発明の実施の形態】

10 【実施例1】図1は、本発明を適用したMRヘッドを搭載した磁気記録再生装置、特に再生システム部分の概念図およびスピバルブ(SV)型MRヘッドの断面図である。MRヘッドを構成するスピバルブ(SV)膜は次の積層構造からなる。積層構造は順に配向制御層20としてTa(50Å)、自由層21はNiFe(100Å)、非磁性層22はCu(25Å)、固定層23はCo(30Å)/Ru(6Å)/Co(30Å)の3層構造、反強磁性層24はCrMnPt(300Å)、酸化を防止するキャッピング層26としてTa(50Å)を有する。このスピバルブ膜に一対の電極25が接しており、34より25を通して供給されるセンス電流によって外部磁界による抵抗変化が電気信号に変換され、再生動作を行う。図2は、このときの各強磁性層の磁化方向とセンス電流の方向との関係を示した斜視図である。電流は電極25aから電極25bへと流れており、非磁性層22、固定層23および反強磁性層24に流れる電流によって自由層21内に作られる磁界は上方向であることがわかる。図中の矢印は自由層の磁化と、固定層23
30 の二枚の強磁性膜のうち自由層21に近い側の強磁性膜の磁化を示している。いま、自由層21と固定層23に働く層間結合は、両者の磁化を平行にするようにはたっているため、自由層21は下向きの磁界を感じていることになる。従って、層間結合磁界と電流による磁界がバランスすることで自由層21の磁化は長手方向を向いている。結果として固定層磁化と自由層磁化は90度の角度をなし、理想的な磁化配置になっている。

【0013】図3は、記録媒体と磁気ヘッドとの位置関係を示す斜視図である。図3のように磁気コア13、励磁コイル14を備えた記録ヘッドとともにスライダ16上に形成し、磁気ディスク11表面に記録された記録トラック12の記録磁化から出る磁界により再生動作を行ったが、再生出力信号に上下非対称性は見られなかった。

【0014】図4は、本発明を実施した磁気記録再生装置の概念図を示している。但し符号/記録系は省略してある。ヘッドを形成したスライダ16はセンス電流源及び再生信号検出手段を有するデータ再生/復合系34および機構制御系33、ヘッド位置決め機構32を通して閉ループ制御されることで、スピンドルモータ31により高速回転している磁気ディスク11上の所定の位置に

シークして所望の情報を読み取ることができる。本実施例では歪みの少ない再生信号が得られたため、高い記録密度と高速のデータ転送を実現できた。

【0015】図5は、従来型スピンバルブヘッドと本発明を適用したスピンバルブヘッドの特性を比較したものである。ここでは再生信号の上下非対称性を次式のように定義し、

$$\text{上下非対称性 (\%)} = 100 \times (V^+ - V^-) / (V^+ + V^-)$$

(但し、 V^+ : 正極性の媒体磁界に対する出力値。
 V^- : 負極性の媒体磁界に対する出力値。)

その素子高さ依存性を示した。なお従来型は、上記実施例と全く同じ構成を持つヘッドを定電流駆動した場合である。これをみると、従来型・本発明とも、設計中心の $1.2\mu\text{m}$ の素子高さにおいては非対称性はゼロになっているが、従来型では素子高さが設計中心値からずれた場合、再生信号の上下非対称性が大きくなる。これに対し本発明を適用した場合、素子高さが変化しても再生信号の上下非対称性はほとんど現れないことが分かる。

【0016】なお、このように再生信号の上下非対称性が素子高さに殆ど依存しないような再生系の構成は、スピンバルブ膜の固定層の巨視的なモーメントが上記実施例のように実質的にゼロとなっている場合だけではなく、ある程度有限の場合にも実現可能である。

【0017】本実施例によれば、互いに反強磁性的に結合した二枚の強磁性膜を固定層として備えたスピンバルブ型MRヘッドを定電圧駆動することで、素子形状のばらつきに対する再生信号特性の劣化を最小限に抑えた高性能な磁気記録再生装置が得られる。また、素子形状の許容範囲が広がったことでヘッド製造コストの低減にもなる。

【0018】〔実施例2〕実施例1のSVヘッドにおいて、再生信号の非対称性に対する固定層からの静磁界の影響を低減するため、強く反強磁性結合した2枚の強磁性膜からなる積層膜(積層フェリと呼ぶ)を固定層に適用し、この積層フェリ固定層を適用したSVヘッドの基本特性として特に再生信号の非対称性Asym制御の観点を検討した。

【0019】計算にはマイクロマグネティクスに基づく手法[3]を用いた。

【0020】想定したSV膜の構成はNiFe(7nm)/Cu(2.5nm)/Co(3nm)/Ru(0.6nm)/Co(3nm)/CrMnPt(30nm)である。()内は膜厚である。図6にそのモデル図を示す。ただし、固定層の2枚のCo膜は十分強く層間結合していると考え、計算上は固定層を1枚の強磁性膜として扱った。このとき、Co/Ru/Coの合計膜厚と等しくなるように計算上の固定層膜厚を規定した。また、反強磁性層と固定層の結合磁界は、実質的に無限大となるようにした。ヘッド構造は、永久磁石による長手方向

バイアスを備えたシールド型SVヘッドとした。

【0021】図7は、自由層-固定層間の結合磁界Hint=100eとした場合の、非対称性Asymの素子高さhMR依存性である。hMRは図2及び図3のMR素子において各層の紙面に対して平行な方向の縦方向の大きさである。ここで自由層の電流密度Jを10, 15, 20, 30MA/cm²と変化させた。ただし、電流の向きは図6に示すように、センス電流が自由層に及ぼす磁界Hcurrの向きがHintと逆向きになるようにした。図から、J=15MA/cm²のときAsymの素子高さ(hMR)依存性はほとんど平坦になっていることが分かる。この理由を調べるため、hMR=0.5μm, 1.2μmのときの、素子長手方向中央における自由層の磁化角度θの分布を図8及び図9に示す。図8はhMR=0.5μm、図9はhMR=1.2μmのデータである。図7と同様、J=10, 15, 20, 30MA/cm²についてプロットした。これをみると、j=15MA/cm²のときにはhMRにかかわらず自由層の磁化がほぼ一様に素子長手方向(θ=0°)を向いている。これはHintとHcurrが相殺したため、自由層の磁化方向を決める要素が、自由層自身の軸異方性(素子長手方向とした)と長手方向バイアス磁界のみになるためである。

【0022】なお、実際のSV膜では自由層のAMR効果(Anisotropic Magnetoresistivity)が存在するため、自由層磁化が完全に素子長手方向を向いている場合でも有限のAsymが残る。たとえば、AMRをGMR効果の10%と仮定すると図7のAsymは約8%マイナス側にシフトする。このAsymは、固定層の2枚の磁性膜の膜厚差により実質的な磁気モーメントを適当な値にすることで0に近づけることができる。

【0023】Co/Ru/Co積層膜は、Ru膜を介してCo膜間に作用する反強磁性的交換結合により、巨視的な磁気モーメントを零とすることができる。このCo/Ru/Co積層膜をスピンバルブ膜の自由層又は固定層に用いて、高感度化、出力波形の非対称性を改善することができる。発明者らは、Co/Ru/Co積層膜の磁気特性及びこの積層膜を固定層に用いたスピンバルブ膜のGMR特性について検討した。

【0024】試料は、rfマグネトロンスパッタ法によりガラス基板上に作製した。Ru膜を介してCo膜間に作用する交換結合の評価に用いた試料の膜構成はTa(5)/Co(1.5~10)/Ru(0.2~1.2)/Co(3~10)/Ta(5)(膜厚単位: nm)であり、スピンバルブ膜の構成はTa(5)/NiFe(5)/CoFe(1)/Cu(2.5)/Co(3)/Ru(0.8)/Co(1.5~4.5)[/CrMnPt(30)]/Ta(5)である。磁気特性はVSMにより、磁気抵抗効果は直流4端子法により測定した。

【0025】図10に、Ta/Co/Ru/Co/Ta積層膜におけるCo膜間の交換結合エネルギーJのRu

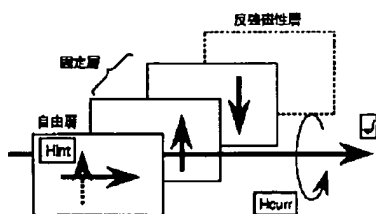
膜厚依存性を示す。Ru膜厚が0.3~1.2nmの範囲では、Jの大きさはRu膜厚が薄い程大きく、反強磁性的交換結合が強い。また、Ru膜厚が0.6~1.0nmの範囲で、Co膜の磁化が零磁界において反平行配列する。図中、各膜の()内は膜厚(nm)である。

【0026】図11及び図12に、CrMnPt反強磁性膜(a)無し(図11)、(b)有り(図12)とした場合の、Co(3)/Ru(0.8)/Co(3)積層膜を固定層に用いたスピナバルブ膜の磁気抵抗効果曲線を示す。また、図中には、磁化配列の模式図を合わせて示す。(a)は保磁力差に起因したGMR効果を示し、抵抗変化率が最大(5.6%)となる磁界領域は、Co膜の保磁力に対応した1000e程度と小さい。また、±1.5kOeで抵抗変化率が極大となるのは、反強磁性的交換結合によりCo膜磁化が互いに反平行配列しようとして、外部磁界(自由層磁化)方向に対して角度を持つためと考えられる。反強磁性膜を形成した(b)は、固定層に単層磁性膜を用いた通常のスピナバルブ膜と同様に、固定層の磁化反転は原点から一方向にシフトしている。このシフト量Hshiftは1.3kOeと非常に大きい。また、-2kOeで抵抗変化率が極大となるのは(a)と同様な理由によると考えられる。

【0027】以上の結果から、固定層にCo/Ru/Co積層膜を用いたスピナバルブ膜は反強磁性膜を形成することで、磁気ヘッドに適した特性を示すことが分かった。本実施例においても、実施例1と同様に非磁性体層によって隔てられた第一及び第二の強磁性体層を含み、該第二の強磁性体層が少なくとも二枚の強磁性体膜とこれらを分離する非磁性体膜を有する磁気抵抗効果膜と、上記第二の強磁性体層の一方の強磁性体膜の磁化を特定の方向に固定する手段と、上記磁気抵抗効果膜にセンス電流を流す一対の電極を備えた磁気抵抗効果型ヘッドを搭載し、前記センス電流に対し上記磁気抵抗効果膜の直流抵抗の変化にかかわらずその電圧が一定になるように駆動する定電圧電源回路を設けることにより、互いに反強磁性的に結合した二枚の強磁性膜を固定層として備えたスピナバルブ型MRヘッドを定電圧駆動するので、素子形状のばらつきに対する再生信号特性の劣化を最小限に抑えた高性能な磁気記録再生装置が得られる。

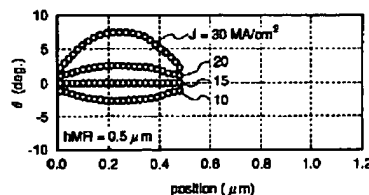
【図6】

図 6



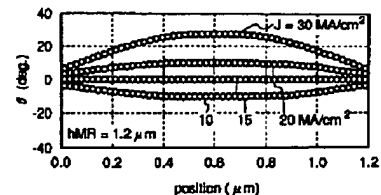
【図8】

図 8



【図9】

図 9



【0028】

【発明の効果】本発明によれば、互いに反強磁性的に結合した二枚の強磁性膜を固定層として備えたスピナバルブ型MRヘッドを定電圧駆動することで、素子形状のばらつきに対する再生信号特性の劣化を最小限に抑えた高性能な磁気記録再生装置が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明を実施した磁気記録再生装置に搭載された、再生システム部分の概念図と、スピナバルブ型MRヘッドの断面図。

【図2】本発明の実施例において、各磁性層の磁化方向とセンス電流の向きとの関係を示す、スピナバルブ型MRヘッドの斜視概念図。

【図3】本発明の実施例において、信号磁界を発生する記録媒体とヘッドの位置関係を示す斜視概念図。

【図4】本発明の実施例である、磁気記録再生装置の概念図。

【図5】本発明の実施例と従来型における、MR素子高さに対する再生信号の上下非対称性の変化を示す図。

【図6】スピナバルブ膜のモデル図。

【図7】非対象性Asymと素子高さhMRとの関係を示す線図。

【図8】自由層の磁化角度と素子高さにおける位置との関係を示す線図。

【図9】自由層の磁化角度と素子高さにおける位置との関係を示す線図。

【図10】交換結合エネルギーとRu厚さとの関係を示す線図。

【図11】MR比と磁界の強さとの関係を示す線図。

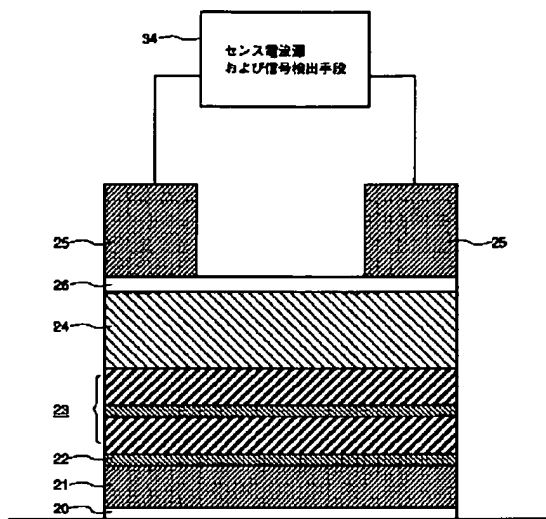
【図12】MR比と磁界の強さとの関係を示す線図。

【符号の説明】

11…磁気ディスク、12…記録トラックおよび記録磁化、13…記録用ヘッド上部磁気コア、14…記録用ヘッドコア励磁コイル、15…MR再生ヘッド、16…スライダ、21…自由層、22…非磁性層、23…固定層、24…反強磁性層、25…電極、31…スピンドルモータ、32…ヘッド位置決め機構、33…機構制御系、34…データ再生/復合系。

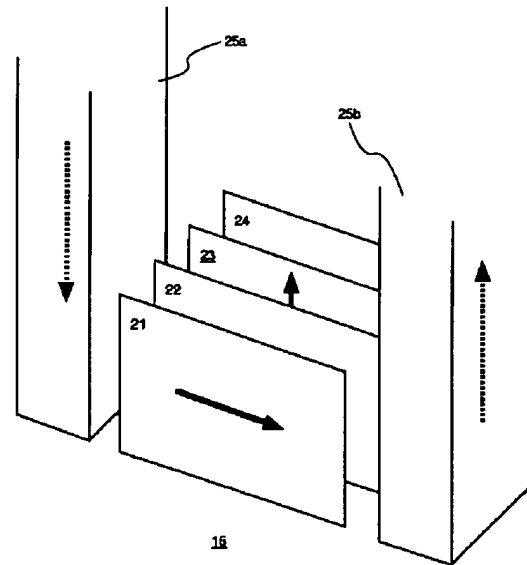
【図1】

図 1



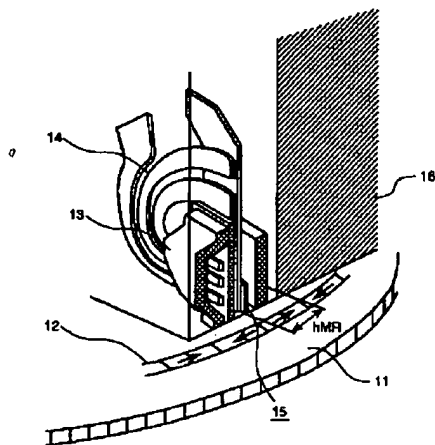
【図2】

図 2



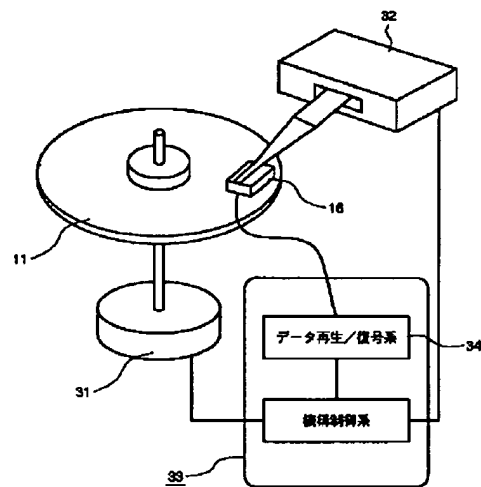
【図3】

図 3



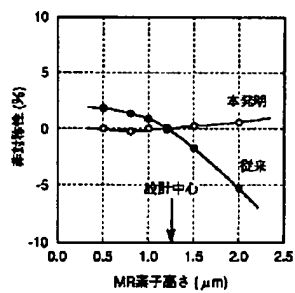
【図4】

図 4



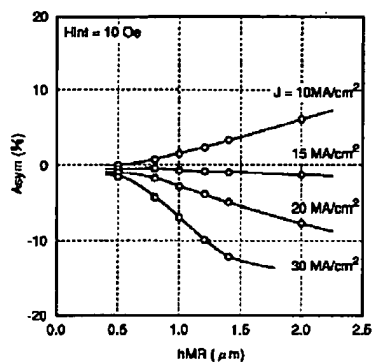
【図5】

図 5



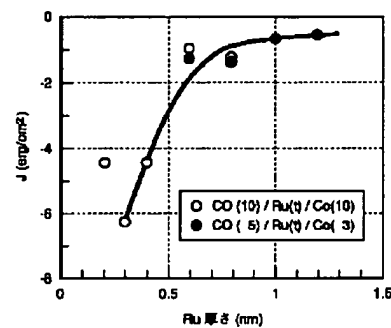
【図7】

図 7



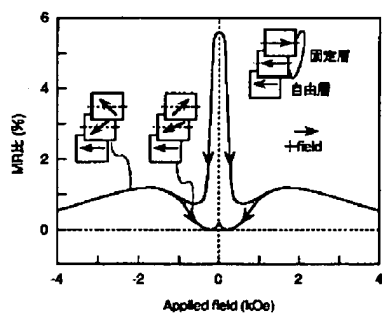
【図10】

図 10



【図11】

図 11



【図12】

図 12

